第23講　タンパク質
PART1　アミノ酸

目標　・アミノ酸とは何かを知り，その性質を学ぼう！

Chapter1　アミノ酸の基本事項

要点

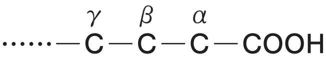
アミノ酸の基本事項

- 1つの分子中に$-NH_2$と$-COOH$の両方をもつ化合物。
- タンパク質の構成アミノ酸は，2つの官能基が同一のC原子に結合したα-アミノ酸。

◆ アミノ酸　重要

1つの分子中に$-NH_2$と$-COOH$の両方をもつ化合物を**アミノ酸**といい，とくにこの2つの官能基が同じC原子に結合しているアミノ酸を，α-アミノ酸(以下，本講座では単にアミノ酸と書いた場合も，α-アミノ酸のことを指す)という。タンパク質は，α-アミノ酸によって構成されている。

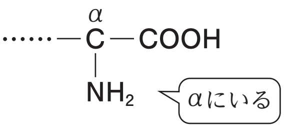
α-アミノ酸の「α」は，$-NH_2$の位置を表している。$-COOH$が結合しているC原子をα位，その隣のC原子はβ位，その隣はγ位……といった具合である。



よって，α-アミノ酸とは

「α位のC原子に$-NH_2$が結合しているアミノ酸」

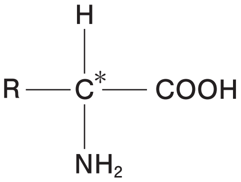
という意味である。



◆ アミノ酸の側鎖　重要

アミノ酸は右のような構造式で表すことができ，Rをアミノ酸の側鎖という。

側鎖がH原子のグリシン以外は，不斉炭素原子をもつ。

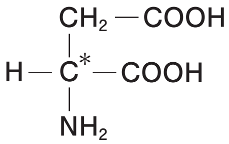


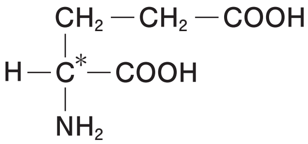
◆ アミノ酸の分類 重要

アミノ酸は，以下の3種類に大別できる。

・側鎖に－COOH あり → **酸性アミノ酸**

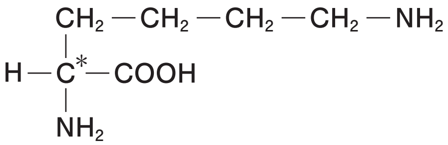
例


アスパラギン酸(Asp)


グルタミン酸(Glu)

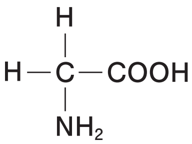
・側鎖に$-NH_2$あり → **塩基性アミノ酸**

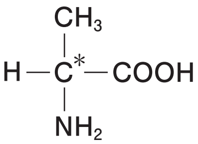
例

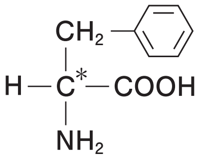

リシン(Lys)

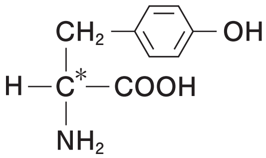
・側鎖に－COOH も$-NH_2$もなし → **中性アミノ酸**

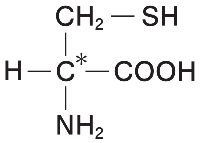
例


グリシン(Gly)


アラニン(Ala)


フェニルアラニン(Phe)


チロシン(Tyr)


システイン(Cys)

まとめ

アミノ酸の分類
・側鎖に－COOH あり → (　　　　　) アミノ酸
・側鎖に$-NH_2$ あり → (　　　　　) アミノ酸
・側鎖に－COOH も$-NH_2$ もなし → (　　　　　) アミノ酸

Chapter2　アミノ酸の結晶

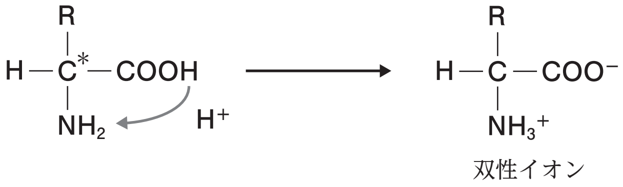
要点

アミノ酸の結晶

アミノ酸の結晶は，イオン結晶である。

◆ 双性イオン　重要

アミノ酸の分子には，酸性の－COOH と塩基性の－NH_2 が共存しているため，分子内で反応し，塩となっている。



この塩のように，同一分子内に正電荷と負電荷をあわせもつイオンを**双性イオン**という。

◆ アミノ酸の結晶　重要

アミノ酸の結晶は，双性イオンからなるイオン結晶である。よって，次のような性質をもつ。

・**水溶性**

弱酸の－COOH と弱塩基の－NH_2 をもつため，水中で電離平衡の状態になる（→ Chapter 3）。

・**一般的な有機化合物に比べて融点が高い**

一般的な有機化合物は，分子結晶である。よって，イオン結晶のアミノ酸は，一般的な有機化合物に比べて融点が高い。

まとめ

アミノ酸の結晶は，（　　　　　　　）からなるイオン結晶である。よって，一般的な有機化合物に比べて融点が（　　　　）。

Chapter3　アミノ酸の水中での平衡

要点

アミノ酸の水中での平衡

アミノ酸の水溶液は，陽イオン，双性イオン，陰イオンが共存する電離平衡の状態である。

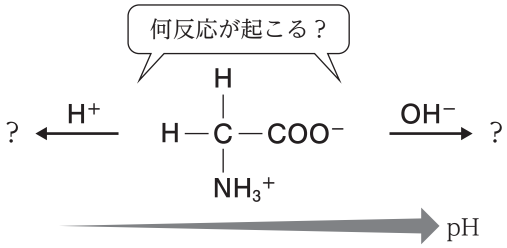
◆ アミノ酸の水中での平衡　重要

弱酸や弱塩基は，水中で平衡状態になる。（→第８講 PART ５）

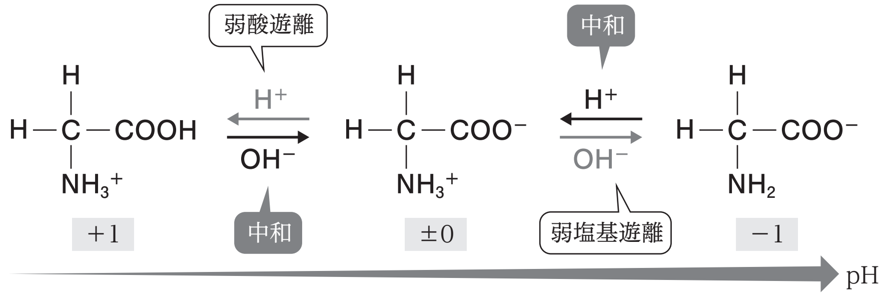
アミノ酸分子中に存在する酸（$-COOH$）と塩基（$-NH_2$）はそれぞれ弱酸，弱塩基なので，水中で電離平衡の状態になる。

アミノ酸の電離平衡を，手を動かして書いてみよう。

書くときのポイントは「双性イオンを書き，左右に広げていく」である。何反応が起こるかを意識しよう。



例　グリシン (Gly)



この平衡より，アミノ酸は pH を小さくすると正に帯電し，pH を大きくすると負に帯電することがわかる。

まとめ

アミノ酸は水中で電離平衡の状態になっており，

（　　　　　　）・（　　　　　　　）・（　　　　　　）が共存している。

Chapter4　等電点

要点

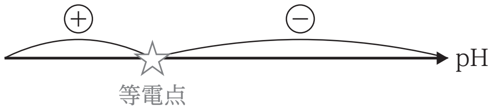
等電点

アミノ酸の電荷が０になる pH。ほとんどが双性イオンになっている。

◆ 等電点　重要

アミノ酸の水中での平衡から，アミノ酸は pH を小さくすると正に帯電し，pH を大きくすると負に帯電することがわかった。その中で，電荷が 0 になる pH がある。それが**等電点**である。

アミノ酸の電荷について考えるときは，以下のような図を書いて考えるとよい。



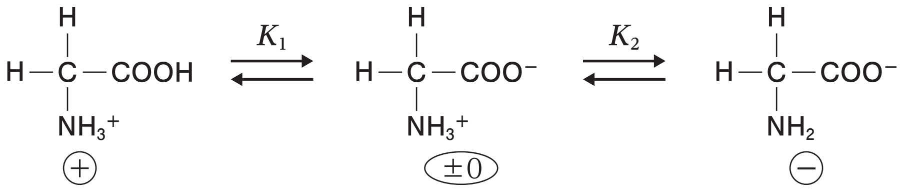
また，等電点には，以下のような特徴がある。

・アミノ酸のほとんどが双性イオンで存在している。

・[陽イオンの正電荷]＝[陰イオンの負電荷]が成立している。

◆ 等電点のpHの求め方　重要

等電点の pH を求める式を，グリシンで導いてみよう。



陽イオンを $\oplus$，双性イオンを (± 0)，陰イオンを $\ominus$ とする。

$$\oplus \overset{K_1}{\rightleftarrows} (\pm 0) + \mathrm{H^+} \qquad K_1 = \frac{[(\pm 0)][\mathrm{H^+}]}{[\oplus]}$$

$$(\pm 0) \overset{K_2}{\rightleftarrows} \ominus + \mathrm{H^+} \qquad K_2 = \frac{[\ominus][\mathrm{H^+}]}{[(\pm 0)]}$$

等電点では $[\oplus] = [\ominus]$ より

$$K_1 \cdot K_2 = \frac{[(\pm 0)][\mathrm{H^+}]}{[\oplus]} \cdot \frac{[\ominus][\mathrm{H^+}]}{[(\pm 0)]} = [\mathrm{H^+}]^2$$

$$\boxed{[\mathrm{H^+}] = \sqrt{K_1 \cdot K_2}}$$

求めた $[\mathrm{H^+}]$ を $\mathrm{pH} = -\log[\mathrm{H^+}]$ に代入して得られる pH が，等電点の pH である。

まとめ

等電点の水素イオンのモル濃度は，次の式で導くことができる。

$[H^+]$ ＝（　　　　　　　）

Chapter5　検出法

要点

アミノ酸の検出

ニンヒドリン水溶液を加えて温めると，赤紫～青紫に呈色(ニンヒドリン反応)。

◆ アミノ酸の検出　重要

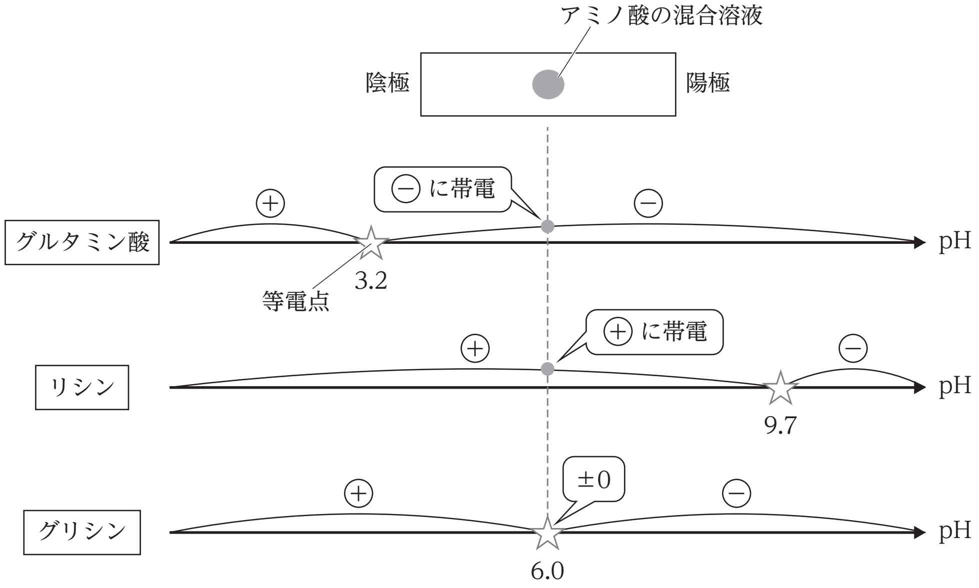
アミノ酸にニンヒドリン水溶液を加えて温めると，赤紫～青紫に呈色する。この反応を，**ニンヒドリン反応**という。

電気泳動の実験などに利用される。

例

グルタミン酸(等電点pH＝3.2)，リシン(等電点pH＝9.7)，グリシン(等電点pH＝6.0)の混合溶液を用いて，pH＝6で電気泳動をおこなった。

→図のように，pH＝6ではグルタミン酸は負，リシンは正に帯電し，グリシンは電荷0である。

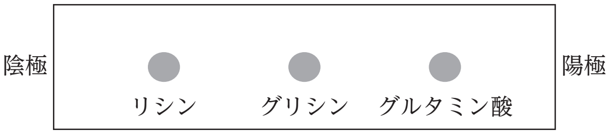


以上より，各アミノ酸は次のように移動する。

・グルタミン酸→陽極側へ移動

・リシン→陰極側へ移動

・グリシン→移動しない



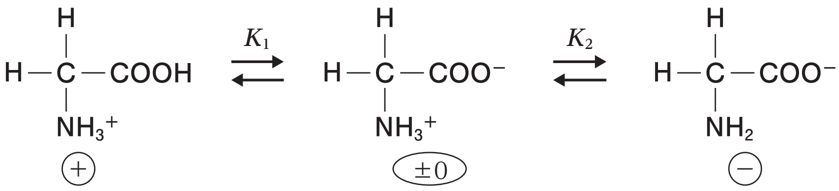
このことは，電気泳動後，ろ紙にニンヒドリン溶液を噴霧して温めたとき，呈色する場所で確認できる。

まとめ

アミノ酸の検出には，（　　　　　　　　　）反応が利用される。

Chapter6　演習問題

問　グリシンは，水溶液中で次の図のような 3 つの構造が平衡状態で存在している。グリシンの電離定数 K_1，K_2 はそれぞれ，4.0×10^{-3}(mol/L)，2.5×10^{-10}(mol/L) である。グリシンの等電点の pH を求めよ。



< Note >

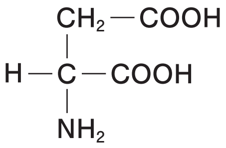
第23講　PART1　確認問題

問 1　次の問いに答えよ。

(1)　不斉炭素原子をもたないアミノ酸として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　フェニルアラニン　　②　リシン
③　グリシン　　④　チロシン

(2)　次のアミノ酸は，酸性アミノ酸，塩基性アミノ酸，中性アミノ酸のどれに該当するか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。



①　酸性アミノ酸　　②　塩基性アミノ酸
③　中性アミノ酸

(3)　アミノ酸の結晶は，どの結晶に該当するか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　分子結晶　　②　共有結合の結晶
③　金属結晶　　④　イオン結晶

(4)　グルタミン酸（等電点 pH ＝ 3.2）の水溶液を pH ＝ 5 に調整すると，グルタミン酸の電荷はどのようになるか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　正に帯電する。　　②　負に帯電する。
③　電荷が 0 になる。

(5) アラニンのカルボキシ基およびアミノ基の電離定数 K_1, K_2 はそれぞれ，5.0×10^{-3}(mol/L), 2.0×10^{-10}(mol/L) である。アラニンの等電点の pH として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 4.0　② 5.0

③ 6.0　④ 7.0

(6) アミノ酸にニンヒドリン水溶液を加えて温めると，何色を呈色するか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 黄緑～緑色　② 赤紫～青紫色

③ 橙赤～黄色　④ 濃青～黒色

第 23 講　タンパク質

PART1　アミノ酸

問　6.0

PART2　タンパク質

問　24 種類

PART3　酵素

問　②

第 23 講　PART1　確認問題　解答

問 1

（1）　③

解説：

側鎖が H 原子のグリシン以外は，不斉炭素原子をもつ。

（2）　①

解説：

図のアミノ酸はアスパラギン酸であり，側鎖に－COOH があるため，酸性アミノ酸である。

（3）　④

解説：

アミノ酸の結晶は，双性イオンからなるイオン結晶である。

（4）　②

解説：

グルタミン酸は等電点が pH ＝ 3.2 であるので，水溶液を pH ＝ 5 にすると負に帯電する。

（5）　③

解説：

等電点の水素イオンのモル濃度は $[H^+]=\sqrt{K_1 \cdot K_2}$ で表されるので，等電点におけるアラニンの水素イオンのモル濃度は，

$$[H^+]=\sqrt{5.0\times10^{-3}(mol/L)\cdot2.0\times10^{-10}(mol/L)}$$

$$=1.0\times10^{-6}(mol/L)$$

となる。よって，アラニンの等電点の pH は

$$pH=-\log(1.0\times10^{-6})=6.0$$

となる。

⑹　②

解説：

アミノ酸にニンヒドリン水溶液を加えて温めると，赤紫～青紫に呈色する。